

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 1月14日

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第007293号

出 願 人  
Applicant(s):

富士写真フイルム株式会社

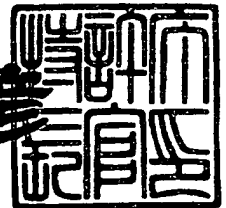
JCS64 U.S. PTO  
09/482896  
01/14/00

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1999年 9月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3062613

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P24241J  
【提出日】 平成11年 1月14日  
【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿  
【国際特許分類】 G06T 5/00  
A61B 6/00  
H04N 5/325

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 山田 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼210番地

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代表者】 宗雪 雅幸

【代理人】

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【電話番号】 045-475-2623

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【電話番号】 045-475-2623

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の画素密度を有する原画像を表す原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定して該変換関数を定義することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 6】 所定の画素密度を有する原画像を表す原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換手段とを備えた画像処理装置において、

前記画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定して該変換関数を定義する変換関数定義手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 前記変換手段における変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記変換手段における変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 11】 所定の画素密度を有する原画像を表す原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、

前記プログラムは、前記画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定して該変換関数を定義する手順を有することを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 12】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成する手順と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成する手順とからなることを特徴とする請求項 11 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 13】 前記所定の変換関数は、非線形関数であることを特徴とする請求項 11 または 12 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 14】 前記変換処理は、周波数強調処理であることを特徴とする請求項 11 から 13 のいずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 15】 前記変換処理は、ダイナミックレンジ圧縮処理であることを特徴とする請求項 11 から 13 のいずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像信号に対して所定の周波数成分を強調するなどの処理を行うための画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、本出願人により、非鮮鋭マスク画像信号（以下、ボケ画像信号という）を用いて周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理などを行って放射線画像の診断性能を向上させる数々の画像処理方法および装置が提案されている（特開昭55-163472号、同55-87953号、特開平3-222577号、特開平10-75395号、同10-171983号など）。例えば周波数強調処理は、原画像信号  $S_{org}$  からボケ画像信号  $S_{us}$  を引いたものに強調係数  $\beta$  を乗じたものを、原画像信号  $S_{org}$  に加算することにより、原画像信号の所定の空間周波数成分を強調するものである。これを式で表すと下記の式（1）のようになる。

【0003】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta \times (S_{org} - S_{us}) \quad \dots (1)$$

（ $S_{proc}$ ：周波数強調処理された信号、 $S_{org}$ ：原画像信号、

$S_{us}$ ：ボケ画像信号、 $\beta$ ：強調係数）

また、特開平10-75395号には、原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特

性を調整することにより、周波数強調処理された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、まず鮮鋭度の異なる、すなわち周波数応答特性の異なる複数のボケ画像信号を作成し、そのボケ画像信号および原画像信号の中の2つの信号の差分をとることにより、原画像信号の、ある限られた周波数帯域の周波数成分を表す複数の帯域制限画像信号（以下バンドパス信号とする）を作成し、さらにそのバンドパス信号をそれぞれ異なる変換関数によって所望の大きさとなるように変換してから、その複数の抑制されたバンドパス信号を積算することにより上記加算信号を作成するものである。この処理は例えば下記の式（2）により表すことができる。

【0004】

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta(S_{org}) \times F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= f_1(S_{org} - S_{us1}) + f_2(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_k(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N(S_{usN-1} - S_{usN}) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

（但し、 $S_{proc}$ ：処理済み画像信号

$S_{org}$ ：原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$ ：ボケ画像信号

$f_k(k=1 \sim N)$ ：各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta(S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

さらに、特開平10-171983号には、周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理とを同時に施す場合において、処理が施された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、上記特開平10-75395号に記載されたように、複数のバンドパス信号を作成し、このバンドパス信号に基づいて原画像信号の高周波成分に関する信号（高周波成分信号）および低周波成分に関する信号（低周波成分信号）を得、原画像信号にこれらの高周波成分に関する信号および低周波成分に関する信号を加算することにより周波数強調処理を施すとともにダイナミックレンジ圧縮処理を施すようにしたものである。この処理は例えば下記の式（3）により表すことができる。

【 0 0 0 5 】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})) \dots (3)$$

)

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ = \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ = \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \}$$

(但し、 $S_{proc}$  : 処理済み画像信号 $S_{org}$  : 原画像信号 $S_{usk} (k=1 \sim N)$  : ボケ画像信号 $f_{uk} (k=1 \sim N)$  : 高周波成分信号を得るために使用する変換関数 $f_{dk} (k=1 \sim N)$  : 低周波成分信号を得るために使用する変換関数 $\beta (S_{org})$  : 原画像信号に基づいて定められる強調係数 $D (S_{org} - F_{drc})$  : 低周波成分信号に基づいて定められる

ダイナミックレンジ圧縮係数

(Dは $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数)

これらの周波数強調処理やダイナミックレンジ圧縮処理（以下変換処理とする）においては、バンドパス信号を変換する変換関数などの定義を変更することによって原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することができる。このため、各変換関数の定義次第で、アーチファクトの発生防止など所望の周波数応答特性を有する処理済み画像信号を得ることができる。しかしながら、実際に変換関数を定義しようとした場合、各変換関数をどのように定義すれば所望の結果が得られるかは、上記（2）および（3）のような式から簡単に分かるというものではない。このため、処理済み画像信号の所望とする周波数応答特性を指定し、この指定された特性に基づいて変換関数の定義パラメータを決定することにより、所望の周波数応答特性を有する処理済み画像信号を簡易に得ることが

できる方法が提案されている（特開平10-63838号）。

【0006】

一方、上述した変換処理に用いられるボケ画像信号は、原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、その後間引きした数分の画素を所定の補間方法によって補間することにより作成される。このフィルタリング処理としては、ローパスフィルタにより原画像信号の高周波成分を取り除くような処理、具体的にはフィルタ内の画素値の平均値や、荷重平均値を求めるといった処理が行われている。上記特開平10-75395号などにおいてボケ画像信号を得るために行われるフィルタリング処理では、原画像信号に対してフィルタリング処理を施して得られた画素数の少ない信号に対してさらにこのフィルタリング処理を施して、フィルタリングの各段階で得られた画素数の少ない画像信号をそれぞれ原画像信号と同じ画素数となるように補間することにより、複数の異なるボケ画像信号を作成している。

【0007】

ボケ画像信号は、上記のように原画像信号に基づいて作成されるものであるが、この原画像信号は、読取装置により原画像信号を所定の読取密度で読み取って所定の画素密度を有する画像を再現可能なデジタル信号としたものである。一般に、デジタル化された画像信号を例えばプリント出力として再生する場合、画素密度によって決定されるある周波数（ナイキスト周波数）以下の周波数成分は正しく再生されることが知られている。すなわち、読取密度すなわち画素密度は再生時に必要となる画質レベルを考慮して決定されるため、必ずしも一定であるとは限らない。

【0008】

例えば、放射線画像読取再生システムでは、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読み取っているが、読取密度すなわち画素密度は蓄積性蛍光体シートの大きさによって異なったり、ユーザの設定により任意の値に変更することができるものである。

【0009】

ここで、画素密度が異なる画像信号、すなわちナイキスト周波数が異なる画像

信号に対し、同一のローパスフィルタによるフィルタリング処理、および同一の補間方法による補間処理を施した場合、得られるバンドパス信号の周波数特性、具体的にはバンドパス信号の周波数帯域は画素密度によって異なることとなる。これにより、例えば 1 つの原画像を 2 種類の読取密度で読み取って 2 種類の画素密度を有する原画像信号を得た場合、同じボケ画像信号を用いてバンドパス信号を得て周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理を行っても、強調される周波数帯域あるいは圧縮される周波数帯域は 2 種類の原画像信号でそれぞれ異なってしまうという問題が生ずる。

#### 【 0 0 1 0 】

このため、原画像信号の画素密度に関する情報を得、その情報に基づいて複数のフィルタ係数リストからフィルタ係数を選択し、選択されたフィルタ係数のフィルタによって原画像信号に対してフィルタリング処理を行ってボケ画像信号を得るようにした方法が提案されている（特開平10-63837号）。ここで例えば読取密度が 5 本/mm と 6.7 本/mm の原画像信号に対して同一のローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより得られるバンドパス信号はその周波数帯域が異なるものとなるが、この方法によれば各原画像信号に対してそれぞれ異なるローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより、各原画像信号から得られるバンドパス信号の周波数帯域を略一致させることができる。したがって、画素密度に拘わらず同じ周波数特性のボケ画像信号を作成することができ、これにより同じ周波数特性のバンドパス信号を作成し、所望の変換処理、例えば上述したような周波数強調処理を、常に同じように行うことができることとなる。

#### 【 0 0 1 1 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、バンドパス信号により表されるバンドパス画像が持っているエネルギー、すなわちバンドパス信号のレスポンスのピーク値は画素密度に応じて異なるため、上記特開平10-63837号に記載された方法によってバンドパス信号の周波数帯域を一致させることができるものの、バンドパス信号の同一周波数帯域におけるレスポンスは画素密度毎に異なるものとなる。このため、特定の周波数帯

域のバンドパス信号を強調するような処理を施しても、画素密度が異なるとその周波数応答特性が画素密度に応じて微妙に異なるものになってしまう。

#### 【0012】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、原画像の画素密度に拘わらず所望の変換処理、例えば特定の周波数成分を強調するような処理を、常に同じように行うことができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明による画像処理方法は、所定の画素密度を有する原画像を表す原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定して該変換関数を定義することを特徴とするものである。

#### 【0014】

ここで、「バンドパス特性」とは、原画像信号における複数の周波数帯域毎の周波数応答特性のことをいう。

#### 【0015】

また、「変換処理」とは、具体的には、上記式(2)に示すような原画像信号に含まれる特定の周波数成分を強調する周波数強調処理や、上記式(3)に示すような原画像の最高濃度と最低濃度との差すなわちダイナミックレンジを狭めるように高濃度域もしくは低濃度域あるいは高濃度域および低濃度域の双方のコントラストを下げるダイナミックレンジ圧縮処理などが挙げられる。

#### 【0016】

さらに、「所定の画素密度」は、オペレータが入力してもよく、原画像信号に画素密度に関する情報を付与しておき、原画像信号を処理する際に画素密度に関する情報を自動的に取得するようにしてもよい。また、「画素密度」とは、例え

ば蓄積性蛍光体シートに記録された放射線画像を読み取る際の読取密度のみならず、例えば原画像のサイズと原画像信号を得る際のサンプリングの関係を表す解像度の値（例えば d p i）であってもよい。

## 【 0 0 1 7 】

さらにまた、「所定の画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定してその変換関数を定義する」とは、例えば、前記複数の画像信号、所望の周波数応答特性、および変換関数の定義パラメータの関係式を、複数の画像信号と周波数応答特性を既知の値とし、変換関数の定義パラメータを変数とする連立方程式として解くことによりパラメータを求めるなどの方法であってもよく、処理された画像を観察しながら、変換関数を定義するパラメータを少しずつ調整して、それぞれの変換関数を定義する方法であってもよい。なお、変換関数としては、線形関数、非線型関数、定数など種々の態様のものを用いることができる。

## 【 0 0 1 8 】

なお、本発明による画像処理方法においては、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、この複数のバンドパス信号を複数の画像信号とすることが好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

ここで、「ボケ画像信号」とは、画素数は原画像信号と同じであるが原画像信号よりも鮮鋭度が低い画像を表す画像信号である。ボケ画像信号は、まず原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、そのようにして得た画像信号に対して同様のフィルタリング処理を繰り返してさらに画素数を少なくした画像信号を複数作成し、そのそれぞれに対して、所定の補間方法により原画像と画素数が同じになるように補間処理を施すことにより作成する。ここで、フィルタリング処理は画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタにより行われるものであり、その具体的手法については上述した特開平10-63837号に記載されている。

## 【0020】

また、「原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号」は、例えば隣接する周波数帯域のボケ画像信号同士で差分をとって作成してもよいし、原画像信号と各ボケ画像信号の差分をとって作成してもよい。あるいは原画像信号とボケ画像信号の他の組み合わせで差分をとって作成することもできる。

## 【0021】

本発明による画像処理装置は、所定の画素密度を有する原画像を表す原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号に対して所定の変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換手段とを備えた画像処理装置において、

前記画素密度に基づいて前記変換関数の定義パラメータを決定して該変換関数を定義する変換関数定義手段を備えたことを特徴とするものである。

## 【0022】

なお、前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に対して前記画素密度に基づいて定められたフィルタ係数を有するフィルタによりフィルタリング処理を施して互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることが好ましい。

## 【0023】

また、本発明による画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

## 【0024】

## 【発明の効果】

本発明によれば、周波数強調処理などの変換処理を行う場合に、原画像信号の画素密度に基づいて変換処理で用いられる変換関数の定義パラメータを求め、そのパラメータにより定義される変換関数に基づいて変換処理を行うようにしたも

のである。このため、画素密度が異なっても互いにバンドパス特性が異なる複数の画像信号の周波数応答特性が一致するようにパラメータを設定することができ、これにより画素密度が異なる原画像信号に対して同様のレスポンスを有するように変換処理を施すことができ、その結果原画像信号の画素密度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の画像処理方法および装置の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下に示す画像処理装置は、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読み取って得た画像信号に対して、その画像が診断に適した画像となるように、ボケ画像信号を使用して周波数強調処理を施すものであり、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

【0026】

図1は本実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置1は、読取装置などにおいて得られた所定の画素密度を有する原画像信号  $S_{org}$  からボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段2と、特定の周波数を強調するための周波数強調処理を行って処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得る非線形処理手段3とを有する。さらに、この画像処理装置1は、変換関数定義手段4と画素密度情報入力手段5とを備える。変換関数定義手段4は、非線形処理手段3が変換処理に使用する変換関数を定義する手段であり、例えば関数の傾き、非線形の程度などのパラメータを画素密度情報入力手段5から入力された画素密度情報Mに基づいて決定して変換関数を定義する。画素密度情報入力手段5は原画像信号  $S_{org}$  の画素密度情報Mを得るための手段である。画素密度情報入力手段5による入力は、ユーザがキーボードから数値として入力してもよいし、操作画面に数種類の密度を表示してユーザに選択させるといった形態でもよい。あるいは、読取装置側で、画素密度情報Mを原画像信号  $S_{org}$  に添付しておき、画像処理装置1が入力された画像信号毎に添付された情報Mを認識するようにしてもよく、変換関数定義手段4が画素密度を認識することができれば、どのような形態

であってもよい。

【0027】

ここで、まずボケ画像信号の作成処理について詳細に説明する。図2はボケ画像信号作成処理の概要を示すブロック図である。図2に示されるように、図1のボケ画像信号作成手段2は、まずフィルタリング処理手段10により、原画像信号  $S_{org}$  に対し、原画像の画素の  $x$  方向および  $y$  方向に対してフィルタリング処理を施して原画像信号  $S_{org}$  よりも解像度が低い画像信号  $B_1$ （以下、低解像度画像信号という）を作成し、次にこの低解像度画像信号  $B_1$  に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号  $B_1$  よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号  $B_2$  を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を重ねていくものである。そして、補間処理手段11により、このフィルタリング処理の各段において得られる低解像度画像信号  $B_k$  に対して、それぞれ補間拡大処理を施して、鮮鋭度の異なる複数のボケ画像信号  $S_{us1} \sim S_{usN}$ （以下  $S_{usk}$  ( $k=1 \sim N$ ) で代表させる）を得るものである。

【0028】

本実施形態においては、上記フィルタリング処理のフィルタとして、1次元ガウス分布に略対応したフィルタを使用する。すなわちフィルタのフィルタ係数を、ガウス信号に関する下記の式(4)にしたがって定める。

【0029】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(4)$$

【0030】

これは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において局在性がよいためであり、例えば上記(4)式において  $\sigma=1$  とした場合の  $7 \times 1$  の1次元フィルタは図3(a)に示すようなものとなる。

【0031】

フィルタリング処理は、図4に示すように、原画像信号  $S_{org}$  に対して、ある

いは低解像度画像信号に対して1画素おきに行う。このような1画素おきのフィルタリング処理をx方向、y方向に行うことにより、低解像度画像信号 $B_1$ の画素数は原画像の $1/4$ となり、フィルタリング処理により得られる低解像度画像信号に対して繰り返しこのフィルタリング処理を施すことにより、得られる $n$ 個の低解像度画像信号 $B_k$  ( $k=1\sim n$ ) は、それぞれ、画素数が原画像信号 $S_{org}$ の $1/2^{2k}$ の画像信号となる。

【0032】

次に、このようにして得られた低解像度画像信号 $B_k$ に対して施される補間拡大処理について説明する。補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本実施形態においては、上記フィルタリング処理においてガウス信号に基づくローパスフィルタを用いているため、補間演算についてもガウス信号を用いるものとする。具体的には、下記の式(5)において、 $\sigma = 2^{k-1}$ と近似したものをを用いる。

【0033】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(5)$$

【0034】

画像信号 $B_1$ を補間する際には、 $k=1$ であるため $\sigma=1$ となる。この場合、補間処理を行うためのフィルタは、図5に示すように $5 \times 1$ の1次元フィルタとなる。この補間処理は、まず低解像度画像信号 $B_1$ に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することにより低解像度画像信号 $B_1$ を原画像と同一のサイズに拡大し、次に、この補間された低解像度画像信号 $B_1$ に対して上述した図5に示す1次元フィルタによりフィルタリング処理を施すことにより行われる。

【0035】

同様に、この補間拡大処理を全ての低解像度画像信号 $B_k$ に対して行う。低解像度画像信号 $B_k$ を補間する際には、上記式(5)に基づいて、 $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタを作成し、画像信号 $B_k$ の各画素の間に値が0の画素を $2^k - 1$ 個ず

つ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大し、この値が0の画素が補間された画像信号  $B_k$  に対して  $3 \times 2^k - 1$  の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を施すことにより補間拡大する。

#### 【0036】

ここで、周波数強調処理では、原画像信号  $S_{org}$  が取得される際の画素密度は常に一定であることが前提となっており、処理済み画像信号  $S_{proc}$  を作成するにあたり、この画素密度については何ら考慮がなされていなかった。しかしながら、実際の画像処理システムにおいては、種々の画像信号が入力されるため、全ての画像信号の画素密度が同じであるとは限らない。例えば、本実施形態の放射線画像処理システムでは、この画素密度は蓄積性蛍光体シートの大きさによって異なっており、半切／大角サイズで5本/mm、4つ切サイズで6.7本/mm、6つ切サイズで10本/mmとなっている。また、この画素密度はユーザが任意に設定することも可能である。

#### 【0037】

しかしながら、画素密度が異なる画像信号、すなわちナイキスト周波数が異なる画像信号に対し、同一のローパスフィルタによるフィルタリング処理、および同一の補間方法による補間処理を施した場合、後述するようにしてボケ画像信号  $S_{usk}$  から得られるバンドパス信号の周波数応答特性は画素密度によって異なるものとなる。例えば、読取密度が10本/mm、5本/mm、6.7本/mmのそれぞれの原画像信号に対して、図3(a)に示す1次元フィルタを使用したフィルタリング処理を施して得られたボケ画像信号  $S_{usk}$  からバンドパス信号を作成した場合、画素密度10本/mmと5本/mmの場合においてはナイキスト周波数が1/2の関係になっているため、その周波数帯域は等しくなるものの、画素密度6.7本/mmの場合は画素密度10本/mmと5本/mmの場合と全く異なるものとなる。このため、本実施形態においては上記特開平10-63837号に記載された方法のように、画素密度10本/mmおよび5本/mmの場合には図3(a)に示すフィルタを、画素密度6.7本/mmの場合には図3(b)に示すフィルタを使用してフィルタリング処理を行い、いずれの画素密度においても得られるバンドパス信号の周波数帯域が略同一のものとなるようにしている。なお、ボケ画像信号

作成手段 2 におけるフィルタの切り替えは、画素密度情報入力手段 5 から入力される画素密度情報 M に基づいて行われる。

## 【 0 0 3 8 】

次に、上記のようにして作成されたボケ画像信号  $S_{usk}$  を用いて行われる非線形処理について説明する。図 6 は非線形処理の一例としての周波数強調処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段 2 とともに示す概略ブロック図である。図 6 に示すように、原画像信号  $S_{org}$  と、フィルタリング処理手段 1 0 および補間処理手段 1 1 により作成されたボケ画像信号  $S_{usk}$  について、減算器 2 1 によりそれらの信号の差分がとられ、原画像信号  $S_{org}$  の限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号 ( $S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$  など) が作成される。

## 【 0 0 3 9 】

そして、このバンドパス信号が変換器 2 2 においてそれぞれ異なる変換関数  $f_1 \sim f_N$  により所望の大きさとなるように抑制され、さらに下記の式 (2) にしたがって、その複数の抑制されたバンドパス信号が演算器 2 3 において積算され、さらに原画像信号に加算されて、処理済み画像信号  $S_{proc}$  が生成される。これにより所望とする周波数成分を目的に応じた度合いで強調した処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得ることができる。

## 【 0 0 4 0 】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots$$

$$+ f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \dots (2)$$

(但し、 $S_{proc}$  : 高周波成分が強調された画像信号

$S_{org}$  : 原画像信号

$S_{usk} (k=1 \sim N)$  : ボケ画像信号

$f_k (k=1 \sim N)$  : 各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta (S_{org})$  : 原画像信号に基づいて定められる強調係数)

ここで、変換関数  $f_k$  としては、下記の式 (6) に示す非線形関数が用いられる。

## 【0 0 4 1】

$$f(\text{Sin}) = S_{\text{out}} = \text{Sin} \times Y \times (\exp(X/\text{Sin}) - 1) / (\exp(X/\text{Sin}) + 1) \quad \dots (6)$$

式(6)において、Sinは入力信号、S<sub>out</sub>は出力信号、Xは非線形の程度を決定するパラメータ、Yは関数全体の傾きをコントロールするパラメータである。そして、パラメータX、Yを調整することによりバンドパス信号の周波数応答特性を変更することができる。

## 【0 0 4 2】

以上、処理済み画像信号S<sub>proc</sub>の作成について説明したが、次に、本発明が解決しようとする問題点およびその解決手段について例を示して説明する。上記特開平10-63837号に記載された方法のように、画素密度毎に異なるフィルタを用いて原画像信号S<sub>org</sub>に対してフィルタリングを行うことによりボケ画像信号S<sub>usk</sub>を得、このボケ画像信号S<sub>usk</sub>からバンドパス信号を得れば、画素密度に拘わらずバンドパス信号を同一の周波数帯域のものとすることができる。しかしながら、同一の周波数帯域とすることができるものの、バンドパス信号の周波数応答特性は画素密度によって異なるものとなる。

## 【0 0 4 3】

ここで、読取密度が10本/mm、5本/mm、6.7本/mmのそれぞれの原画像信号に対して、図3(a)、(b)に示す1次元フィルタを使用したフィルタリング処理を施して作成したバンドパス信号の周波数応答特性を、読取密度が10本/mmの場合を図7に、6.7本/mmの場合を図8に、5本/mmの場合を図9にそれぞれ示す。図7から図9に示すように、バンドパス信号のうち最高周波数帯域については画素密度によって定められるが、それ以外の周波数帯域のバンドパス信号のピーク周波数は、各画素密度において1(10本/mmのみ)、0.5、0.25、0.125…のように、k段目のバンドパス信号のピーク周波数はk-1段目のバンドパス信号のピーク周波数の1/2になる。一方、各ピーク周波数でのレスポンスの大きさ、すなわちバンドパス信号が有するエネルギーは、画素密度毎に異なるものとなっている。このため、式(6)に示す変換関数において画素密度に拘わらず同一のパラメータX、Yを使用したのでは、処理済み画像信号S<sub>proc</sub>の周波数応答特性が画素密度毎に異なるものになってしまう。

## 【 0 0 4 4 】

そこで、本発明では、画素密度情報入力手段 5 から入力された原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に関する情報  $M$  に基づいて、変換関数定義手段 4 において変換関数のパラメータ  $X$ ,  $Y$  を設定して、画素密度毎に異なるパラメータを有する変換関数によりバンドパス信号を変換するようにしたものである。変換関数定義手段 4 の詳細な構成を図 10 に示す。図 10 に示すように、変換関数定義手段 4 は、パラメータ設定手段 7 と画素密度毎のパラメータ  $X$ ,  $Y$  の組を記憶したメモリ 8 とからなる。

## 【 0 0 4 5 】

パラメータ  $X$ ,  $Y$  の組の例を下記の表 1 に示す。表 1 に示すパラメータ  $X$ ,  $Y$  の組は 10 本/mm の画素密度を基準とし、画素密度が 6.7 本/mm および 5 本/mm のパラメータ  $X$ ,  $Y$  により処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得た際に、10 本/mm のパラメータ  $X$ ,  $Y$  により得られた処理済み画像信号  $S_{proc}$  と略同じ周波数応答特性が得られるように設定されている。なお、表 1 においては、上の行ほど高周波帯域のバンドパス信号に対するパラメータとなっており、6.7 本/mm および 5 本/mm の画素密度において 0.03 cycle/mm にピークを有する低周波数帯域に対しては、10 本/mm に相当する低周波数帯域が存在しないため、処理を行わないように設定されている。

## 【 0 0 4 6 】

【表 1】

10本/mm		6.7本/mm		5本/mm	
X	Y	X	Y	X	Y
15	1.00	20	1.00	20	1.00
20	0.99	30	0.83	30	0.81
30	0.80	40	0.67	40	0.66
40	0.66	50	0.43	50	0.42
50	0.41	60	0.32	60	0.29
60	0.29				

## 【 0 0 4 7 】

そして、画素密度情報入力手段 5 から入力された画素密度情報  $M$  に基づいてパラメータ選択手段 7 がメモリ 8 に記憶されたパラメータの組を選択し、この選択されたパラメータの組が変換関数定義手段 4 に入力されて変換関数が定義され、

さらに定義された変換関数に基づいて非線形処理手段 3 においてバンドパス信号に対して上記式 (2) に基づく周波数強調処理が行われる。

#### 【0 0 4 8】

上記パラメータ X, Y により設定された変換関数による画素密度毎の周波数応答特性を図 1 1 から図 1 3 に示す。図 1 1 から図 1 3 に示すように、表 1 に示すパラメータ X, Y により設定された変換関数に基づいて周波数強調処理を行うと、画素密度に拘わらず周波数応答特性が略同一のものとなる。

#### 【0 0 4 9】

なお、このパラメータ X, Y は例えば上記特開平 10-63838 号に記載された方法により設定すればよい。以下その設定の方法について説明する。なお、パラメータ X, Y を設定するための装置としては、ディスプレイなどの表示装置を介してユーザに周波数応答特性の入力を促して、その入力からユーザが所望する周波数応答特性を認識するものであり、具体的には、そのような処理を行うソフトウェア、入力装置、表示装置などを意味する。

#### 【0 0 5 0】

パラメータ X, Y を設定する装置においては、図 1 4 に示されるような操作画面がディスプレイに表示される。このとき画面上には、その時点で設定されている変換関数（初期値）に基づいてバンドパス信号を変換した場合に得られる信号の周波数応答特性曲線が表示されている（図 1 4 の (1)）。その特性曲線上には、移動可能な 6 個の指示点が表示されている。すなわち、その画像処理が n 個のバンドパス信号を作成して非線形処理を行うものである場合、n 個の指示点が表示されるものとする。

#### 【0 0 5 1】

ユーザは、各指示点を、例えばマウスなどのポインティングデバイスを用いて所望の周波数応答に対応する点に移動する（図 1 4 の (2)）。この移動は、画素密度に拘わらず各周波数帯域のレスポンスが同一のものとなるように行われる。但し、表示されているままの周波数応答でよければ、必ずしも移動する必要はない。移動操作後の点（移動されなかった点を含む）は、その点が示す周波数およびその周波数における所望の周波数応答として認識され、これに基づいて周波

数応答特性曲線が計算しなおされ、移動操作後の点を通るような新しい特性曲線が画面上に表示される（図14の（3））。ユーザは、確認画面において、新たに表示された特性曲線が所望のものであれば、パラメータ設定を指示し、所望のものでなければ、再度指示点の移動操作を行うことができる（図14の（4））。なお、パラメータの設定はこのような形態に限られるものではなく、例えばいくつかの周波数を順次画面に示し、ユーザがその周波数に対する所望の周波数応答特性を数値として順次入力するような形態など、他の様々な形態が考えられる。

#### 【0052】

パラメータ設定の指示がなされると、例えば6つのバンドパス信号を用いて処理を行う場合には、入力された所望の周波数応答特性は、以下のような連立方程式（7）

$$\begin{aligned}
 a_1 &= Y_1 \times S_{11} + Y_2 \times S_{21} + Y_3 \times S_{31} + Y_4 \times S_{41} + Y_5 \times S_{51} + Y_6 \times S_{61} \\
 a_2 &= Y_1 \times S_{12} + Y_2 \times S_{22} + Y_3 \times S_{32} + Y_4 \times S_{42} + Y_5 \times S_{52} + Y_6 \times S_{62} \\
 a_3 &= Y_1 \times S_{13} + Y_2 \times S_{23} + Y_3 \times S_{33} + Y_4 \times S_{43} + Y_5 \times S_{53} + Y_6 \times S_{63} \\
 a_4 &= Y_1 \times S_{14} + Y_2 \times S_{24} + Y_3 \times S_{34} + Y_4 \times S_{44} + Y_5 \times S_{54} + Y_6 \times S_{64} \\
 a_5 &= Y_1 \times S_{15} + Y_2 \times S_{25} + Y_3 \times S_{35} + Y_4 \times S_{45} + Y_5 \times S_{55} + Y_6 \times S_{65} \\
 a_6 &= Y_1 \times S_{16} + Y_2 \times S_{26} + Y_3 \times S_{36} + Y_4 \times S_{46} + Y_5 \times S_{56} + Y_6 \times S_{66} \\
 Y_1 \sim Y_6 &\geq 0 \qquad \qquad \qquad \dots (7)
 \end{aligned}$$

（但し、 $a_1 \sim a_6$ ：所望の値として指定された周波数応答

$S_{11} \sim S_{66}$ ：原画像信号に基づいて作成されたバンドパス信号の  
周波数応答特性

$Y_1 \sim Y_6$ ：変換関数の0付近の傾きを表すパラメータ）

に、 $a_1 \sim a_6$ として当てはめられる。但し、方程式の次元は、バンドパス信号の数、すなわち指定された値の数に基づいて決まるものであり、上記連立方程式は一例にすぎない。

#### 【0053】

そして、式（7）に示す連立方程式を、指定された周波数応答特性 $a_1 \sim a_6$ およびバンドパス信号 $S_{11} \sim S_{66}$ を既定値とし、パラメータ $Y_1 \sim Y_6$ を変数として解く

ことによりこのパラメータ  $Y_1 \sim Y_6$  を求め、これにより変換関数を定義するパラメータを設定する。なお、非線形の程度を表すパラメータ  $X$  は、パラメータ  $Y_1 \sim Y_6$  に対応させて任意の値に設定すればよいが、表 1 に示すように画素密度毎に一定の値を用いればよい。そして、画素密度毎に設定されたパラメータ  $X$ ,  $Y$  の組がメモリ 8 に記憶されることとなる。

#### 【0054】

また、上記式 (7) において、バンドパス信号の周波数応答特性  $S_{11} \sim S_{66}$  として表されている値は、 $S_{11} \sim S_{16}$  ( $S_{21} \sim S_{26}, \dots S_{61} \sim S_{66}$  も同様) が 1 つのバンドパス信号の所定の 6 つの周波数の応答特性に対応するものであり、これらはボケ画像信号作成において用いられるフィルタのフィルタ係数と、補間係数から、フーリエ変換など、周波数解析において通常用いられている変換方法により求めることができる。

#### 【0055】

さらに、パラメータ  $X$ ,  $Y$  は上述したように設置するのみならず、試行錯誤により設定してもよい。

#### 【0056】

次いで、本実施形態の動作について説明する。図 15 は本実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、読取装置などから原画像信号  $S_{org}$  が画像処理装置 1 に入力される (ステップ S1)。原画像信号  $S_{org}$  はボケ画像信号作成手段 2 に入力されてここで原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に応じてボケ画像信号  $S_{usk}$  が作成される (ステップ S2)。一方、画素密度情報入力手段 5 には、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度情報  $M$  が入力され (ステップ S3)、入力された画素密度情報  $M$  に基づいて変換関数定義手段 4 において上述したように画素密度に応じたパラメータの組が選択され、選択されたパラメータの組により変換関数が定義される (ステップ S4)。なお、ステップ S1, 2 の処理よりもステップ S3, 4 の処理を先に行ってもよいが、これらの処理を並列して行うことにより演算時間を短縮することができる。非線形処理手段 3 においては、ボケ画像信号  $S_{usk}$  に基づいてバンドパス信号が作成され、さらに変換関数定義手段 4 において定義された変換関数に基づいて上記式 (2) に示す非線形処理 (周波数強調処理) が行わ

れ処理済み画像信号  $S_{proc}$  が得られる（ステップ S5）。

#### 【0057】

この周波数強調処理は、ボケ画像信号を用いて、強調のために原画像信号に加算する加算信号を作成するものであり、周波数強調処理を行うことによってアーチファクトが発生しないようにするために、この加算信号を構成する各周波数帯域の信号がそれぞれ所望の信号となるよう、周波数帯域毎に異なる変換処理を施すものである。所望の信号を作成するためには、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に拘わらず所望の周波数応答特性を有する信号となることが好ましい。本実施形態によれば、画素密度に拘わらず処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性が略同一のものとなるように変換関数のパラメータを定義するようにしたため、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に拘わらず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得ることができる。

#### 【0058】

なお、上記実施形態においては、非線形処理として上記式（2）に示す周波数強調処理を行っているが、周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理とを同時に行う処理であってもよい。以下この処理を行う装置について説明する。図16は、非線形処理の一例としての周波数強調処理およびダイナミックレンジ圧縮処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段2とともに示す概略ブロック図である。図16に示すように、原画像信号  $S_{org}$  と、フィルタリング処理手段10および補間拡大手段11により作成されたボケ画像信号  $S_{usk}$  について、減算器21によりそれらの信号の差分がとられ、原画像信号の、限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号（ $S_{org}-S_{us1}$ 、 $S_{us1}-S_{us2}$ など）が作成される。ここで、フィルタリング処理手段10において使用されるフィルタは上記実施形態と同様に画素密度に応じて定められる。このようにして求められたバンドパス信号は、図16に示すように第1の変換手段3aおよび第2の変換手段3bにそれぞれ入力され、各変換手段の変換器22a、22bにより処理される。

#### 【0059】

第1の変換手段3aの変換器22aによる変換は、上述したように原画像信号  $S_{org}$  の画素密度情報Mに基づいて定義された変換関数を使用して行う。ここで

、変換器 22 a において変換は、例えば図 17、図 18 に示される変換関数、あるいはこれらを組み合わせた関数を使用して行う。なお、これらの変換関数は、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に拘わらず処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性が略同一のものとなるように、画素密度毎にパラメータが設定されている。

#### 【0060】

ここで、図 17 に示す変換関数は、振幅の大きなバンドパス信号を抑制するような変換を行うものであり、周波数帯域の高いバンドパス信号の抑制の度合いを、周波数帯域の低いバンドパス信号よりも強くするものであるが、これは実際の放射線画像のエッジに含まれている高周波成分が、低周波成分に比べてその振幅が小さいということを考慮したものである。実際の放射線画像においては、かなり急峻なエッジでさえも正確な階段状にはなっておらず、高周波成分になるほどその振幅が小さくなっていることが多い。このため、各周波数成分の振幅に合わせて、周波数の高いバンドパス信号ほど小さい振幅から抑制を行うことが望ましく、本関数によりそれを実現することができる。

#### 【0061】

また図 18 の関数は、バンドパス信号を、バンドパス信号の絶対値に基づいて決まる、その絶対値以下の値となるように変換を行うもので、この関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、バンドパス信号の絶対値が 0 近傍の所定の範囲内の値であるバンドパス信号を変換した際に得られる変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とするものである。言い換えれば、これらの関数はそれぞれ、原点を通り、関数の傾きがその関数により処理される値に拘わらず 1 以下であり、その関数の 0 近傍における傾きが、低周波帯域を処理する関数であるほど小さいことを特徴とするものである。これらの関数は、変換画像信号を積算して得られる信号を、原画像信号  $S_{org}$  に加えた場合、原画像信号  $S_{org}$  と加算された信号とのつなぎ目、すなわち信号の立ち上がりをより自然なものとするという効果がある。

#### 【0062】

同様に、第 2 の変換手段 3 b の変換器 22 b による変換は、例えば図 19 に示される関数、前述の図 18 の関数、あるいは図 19 と図 18 の関数を組み合わせ

たものを使用して行う。上記各変換手段 3 a, 3 b により出力された変換画像信号は、それぞれ演算器 23 a, 23 b に入力される。ここで演算器 23 a は周波数強調処理に必要な信号を作成するための演算を行い、演算器 23 b はダイナミックレンジ圧縮処理に必要な信号を作成するための演算を行うものである。

## 【0063】

演算器 23 a は、上述した図 6 に示す実施形態と同様の周波数強調処理を行うものである。この演算器 23 a においては次のような処理が行われる。まず、上述したように第 1 の変換手段 3 a により変換されたバンドパス信号は積算される。そしてこの積算信号が求められると、さらに原画像信号  $S_{org}$  の値に応じた強調度  $\beta$  が乗じられる。

## 【0064】

一方、演算器 23 b は、ダイナミックレンジ圧縮処理を行うものである。この演算器 23 b においては次のような処理が行われる。まず、上述したように第 2 の変換手段 3 b により変換されたバンドパス信号は積算される。そして求められた積算信号は原画像信号  $S_{org}$  から減じられる。さらにその減算により作成された差分信号が変換関数により変換され、ダイナミックレンジ圧縮係数が得られる。

## 【0065】

演算器 23 a, 23 b により求められた信号は、それぞれ加算手段 28 により原画像信号  $S_{org}$  に加算され処理済み画像信号  $S_{proc}$  が得られる。

## 【0066】

以上の処理は、下記の式 (3) により表される。

## 【0067】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ + D(S_{org} - F_{drc}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})) \dots (3)$$

)

$$F_{usm}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$= \{ f_{u1}(S_{org} - S_{us1}) + f_{u2}(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{uk}(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN}(S_{usN-1} - S_{usN}) \}$$

$F_{drc}(S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})$

$$= \{f_{d1}(S_{org} - S_{us1}) + f_{d2}(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_{dk}(S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN}(S_{usN-1} - S_{usN})\}$$

(但し、 $S_{proc}$  : 処理済み画像信号

$S_{org}$  : 原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$  : ボケ画像信号

$f_{uk}(k=1 \sim N)$  : 第1の変換処理に使用する変換関数

$f_{dk}(k=1 \sim N)$  : 第2の変換処理に使用する変換関数

$\beta(S_{org})$  : 原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D(S_{org} - F_{drc})$  : 低周波成分信号に基づいて定められる

ダイナミックレンジ圧縮係数

( $D$ は $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数))

ここで、図16に示す実施形態においては、周波数強調処理に使用する信号とダイナミックレンジ圧縮処理に使用する信号をそれぞれ原画像信号 $S_{org}$ に基づいて作成して最後に加算を行うものであるが、原画像信号 $S_{org}$ に対して周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理のいずれか一方の処理を先に行い、その結果得られた信号に対して他の一方の処理を行うようにする場合も含むものとする。但し、一般に放射線画像の低濃度部は撮影時の撮影線量が少ない部分であるためノイズが比較的多く含まれている。これに対し、周波数強調処理では高濃度部ほど強調の度合いが高くなる濃度依存の強調処理を行っているため、原画像信号に対して直接周波数強調処理を行えばこの低濃度部は強調されず、ノイズが強調されることがない。一方、例えば原画像信号に対しダイナミックレンジ圧縮処理を施してから周波数強調処理を行うと、低濃度部はダイナミックレンジ圧縮処理により濃度が高められることになる。つまり、強調処理においてその部分が強調されることとなり、同時にその部分に含まれるノイズが強調されてしまうことになる。したがって、望ましくは図16に示す実施形態のように原画像信号 $S_{org}$ に基づいて各信号を作成するのがよい。また処理時間の短縮という意味でも、2つの処理は並列に行うことが望ましい。

## 【0068】

このように、ダイナミックレンジ圧縮処理を行う場合においても、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に拘わらず処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性が略同一のものとなるように変換関数のパラメータを定義することにより、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度に拘わらず略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得ることができる。

## 【0069】

なお、上記実施形態においては、10本/mmの画素密度の場合に、下記の表2に示すような変換関数のパラメータを設定した場合、処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性は図20に示すものとなる。ここで、図7から図9に示すように10本/mmの画素密度においては1 cycle/mmに相当するバンドパス信号が存在するが、6.7本/mmおよび5本/mmの画素密度においては1 cycle/mmのバンドパス信号は存在しないため、全ての周波数帯域に亘って処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性を画素密度に拘わらず一致させることができない。一方、処理済み画像信号  $S_{proc}$  を再生することにより得られる画像においては高周波成分よりも低周波成分の方が視覚的に目立つものとなる。したがって、このような場合には高周波成分についてはある程度まで一致させ、1 cycle/mm以下の低周波成分において周波数応答特性を一致させるように、6.7本/mmおよび5本/mmの画素密度におけるバンドパス信号に対しては、表2に示すようなパラメータ  $X$ 、 $Y$  により変換関数を定義すればよい。6.7本/mmおよび5本/mmの画素密度のバンドパス信号を表2に示すパラメータにより定義された変換関数により変換して得られた処理済み画像信号  $S_{proc}$  の周波数応答特性を図21および図22にそれぞれ示す。図21および図22に示すように、表2に示すパラメータにより定義された変換関数によりバンドパス信号を変換すると、高周波成分については一致の程度は低いものの、視覚的に目立つ1 cycle/mm以下の低周波成分についてはその周波数応答特性は一致したものとなる。したがって、画素密度に拘わらず視覚的に目立つ低周波成分において周波数応答特性が一致した画像を再現可能な処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得ることができる。

【0070】

【表2】

10本/mm		6.7本/mm		5本/mm	
X	Y	X	Y	X	Y
15	1.00	20	0.93	20	0.92
20	0.83	30	0.44	30	0.42
30	0.42	40	0.37	40	0.36
40	0.36	50	0.18	50	0.17
50	0.17	60	0.13	60	0.12
60	0.12				

【0071】

また、上記実施形態においては、蓄積性蛍光体シートを10本/mm、6.7本/mmおよび5本/mmの画素密度により読み取ることにより得られた原画像信号Sorgに対して、画素密度に拘わらず一定の周波数応答特性が得られるように非線形処理を施しているが、原画像信号Sorgとしては蓄積性蛍光体シートから読み取られたものに限定されるものではなく、例えば被写体のサイズとサンプリング間隔との関係(dpi)などのその画像信号により表される画像の解像度が予め分かっているならば、いかなる画像信号に対しても本発明を適用することができる。

【0072】

さらに、上記実施形態においては、変換関数を非線形関数としてバンドパス信号に対して非線形処理を施しているが、非線形処理に限定されるものではなく、変換関数を線形関数や定数としてもよい。この場合、原画像信号の画素密度に応じて線形関数のパラメータあるいは定数の値が設定される。

【0073】

また、上記実施形態においては、原画像信号からフィルタリングおよび補間拡大によりボケ画像信号を求め、原画像信号およびボケ画像信号からバンドパス信号を作成しているが、これに限定されるものではなく、例えば原画像信号をウェーブレット変換やラプラシアンピラミッドなどの手法により多重解像度に変換し、変換された各解像度毎の画像信号からボケ画像信号を作成してバンドパス信号を作成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図 2】

ボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図

【図 3】

フィルタリング処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 4】

低解像度画像信号作成処理の詳細を示す図

【図 5】

補間拡大処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 6】

周波数強調処理装置の一例を示す図

【図 7】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（画素密度10本／mm）

【図 8】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（画素密度6.7本／mm）

【図 9】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（画素密度5本／mm）

【図 10】

変換関数定義手段の構成を示す概略ブロック図

【図 11】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図  
（画素密度10本／mm）

【図 12】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図  
（画素密度6.7本／mm）

【図 13】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

(画素密度 5 本 / m m)

【図 1 4】

周波数応答特性を指定するためのユーザインタフェースの一例を示す図

【図 1 5】

本実施形態の動作を示すフローチャート

【図 1 6】

ダイナミックレンジ圧縮処理装置の一例を示す図

【図 1 7】

第 1 の変換手段における変換関数の一例を表す図

【図 1 8】

第 1 の変換手段における変換関数の他の例を表す図

【図 1 9】

第 2 の変換手段における変換関数の一例を表す図

【図 2 0】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

(画素密度 10 本 / m m)

【図 2 1】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

(画素密度 6.7 本 / m m)

【図 2 2】

本実施形態により処理がなされた処理済み画像信号の周波数応答特性を示す図

(画素密度 5 本 / m m)

【符号の説明】

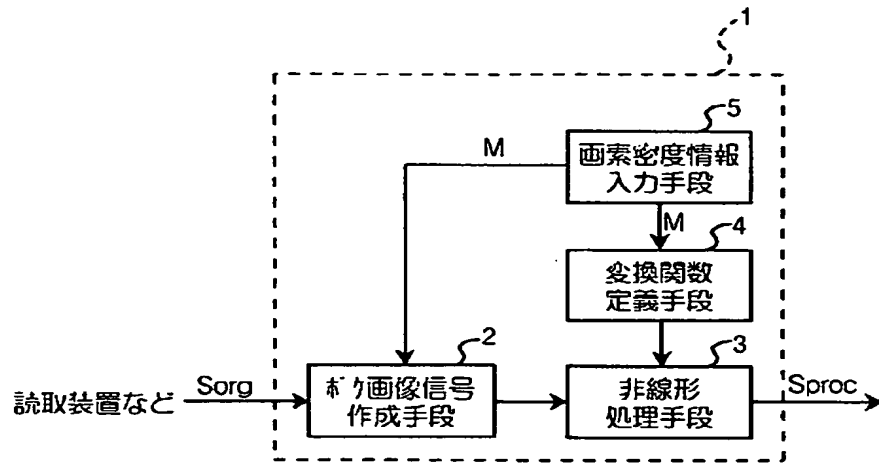
- 1 画像処理装置
- 2 ボケ画像信号作成手段
- 3 非線形処理手段
- 4 変換関数定義手段
- 5 画素密度情報入力手段
- 10 フィルタリング処理手段

- 11 補間処理手段
- 21 減算器
- 22 変換器
- 23 演算器

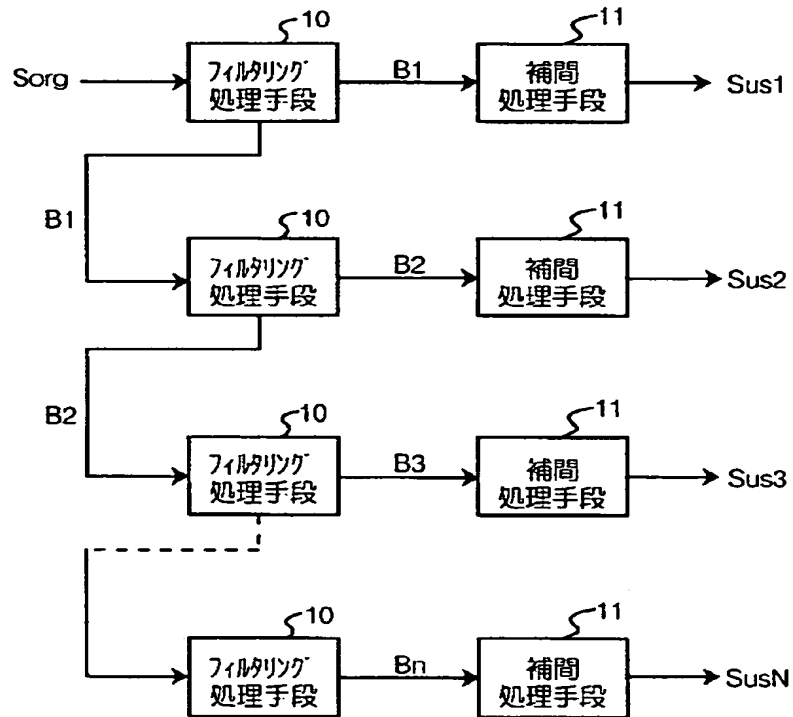
【書類名】

図面

【図 1】



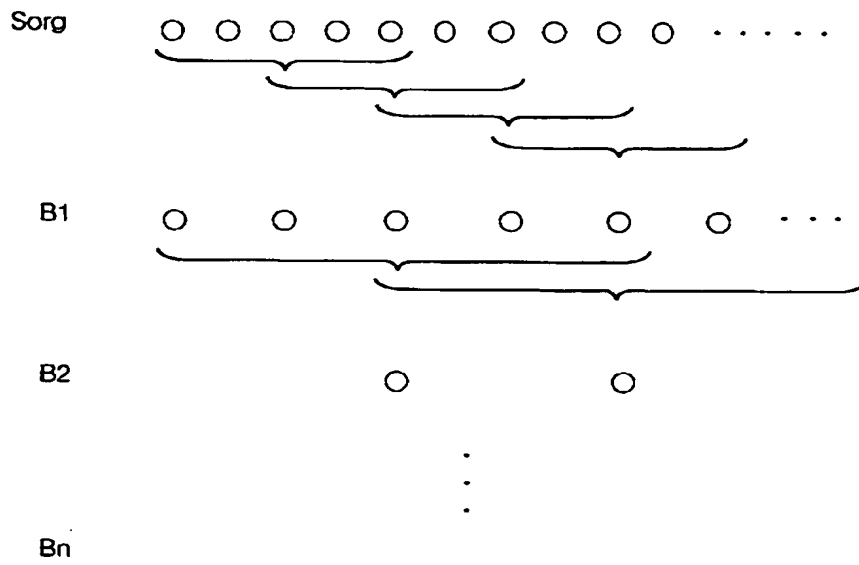
【図 2】



【図 3】

(a)	0.00	0.05	0.25	0.4	0.25	0.05	0.00
(b)	0.04	0.12	0.21	0.26	0.21	0.12	0.04

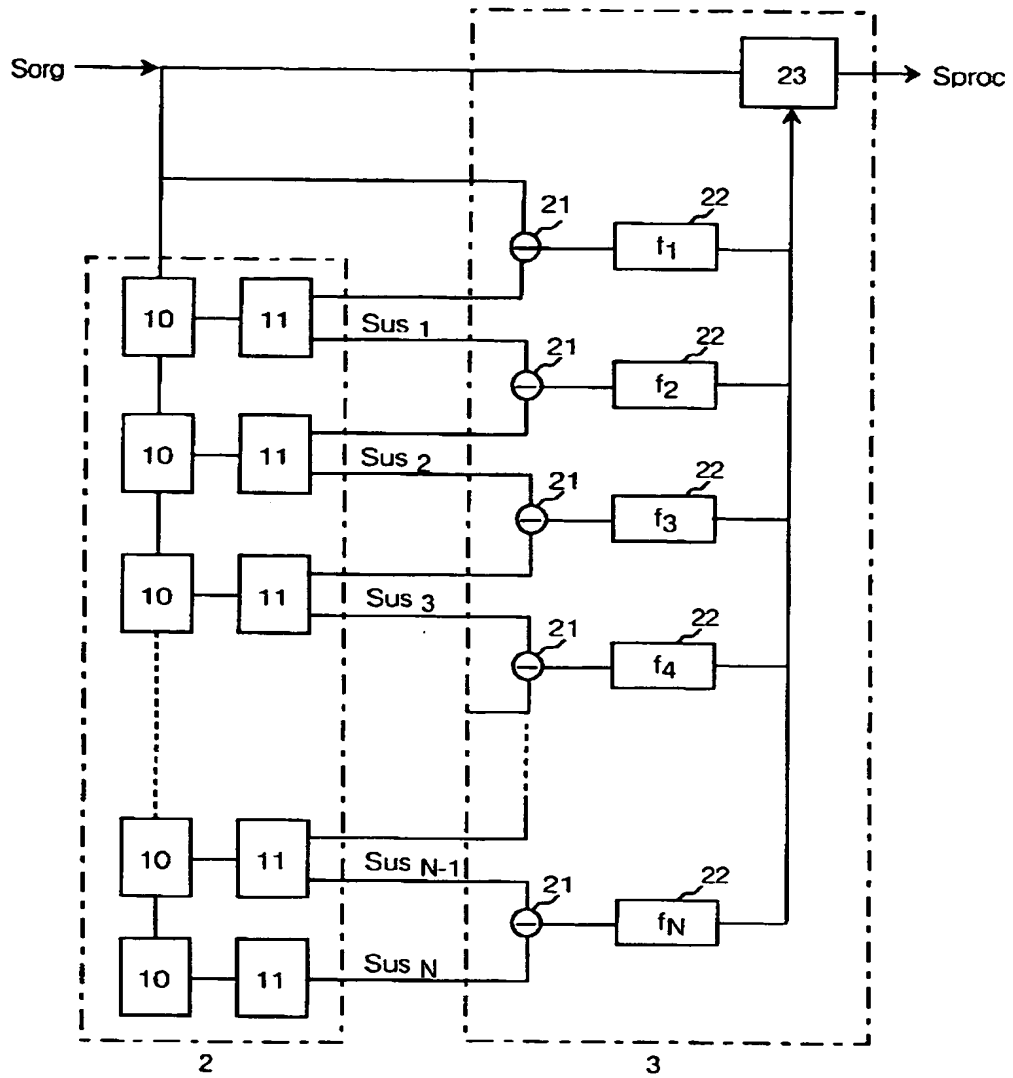
【図 4】



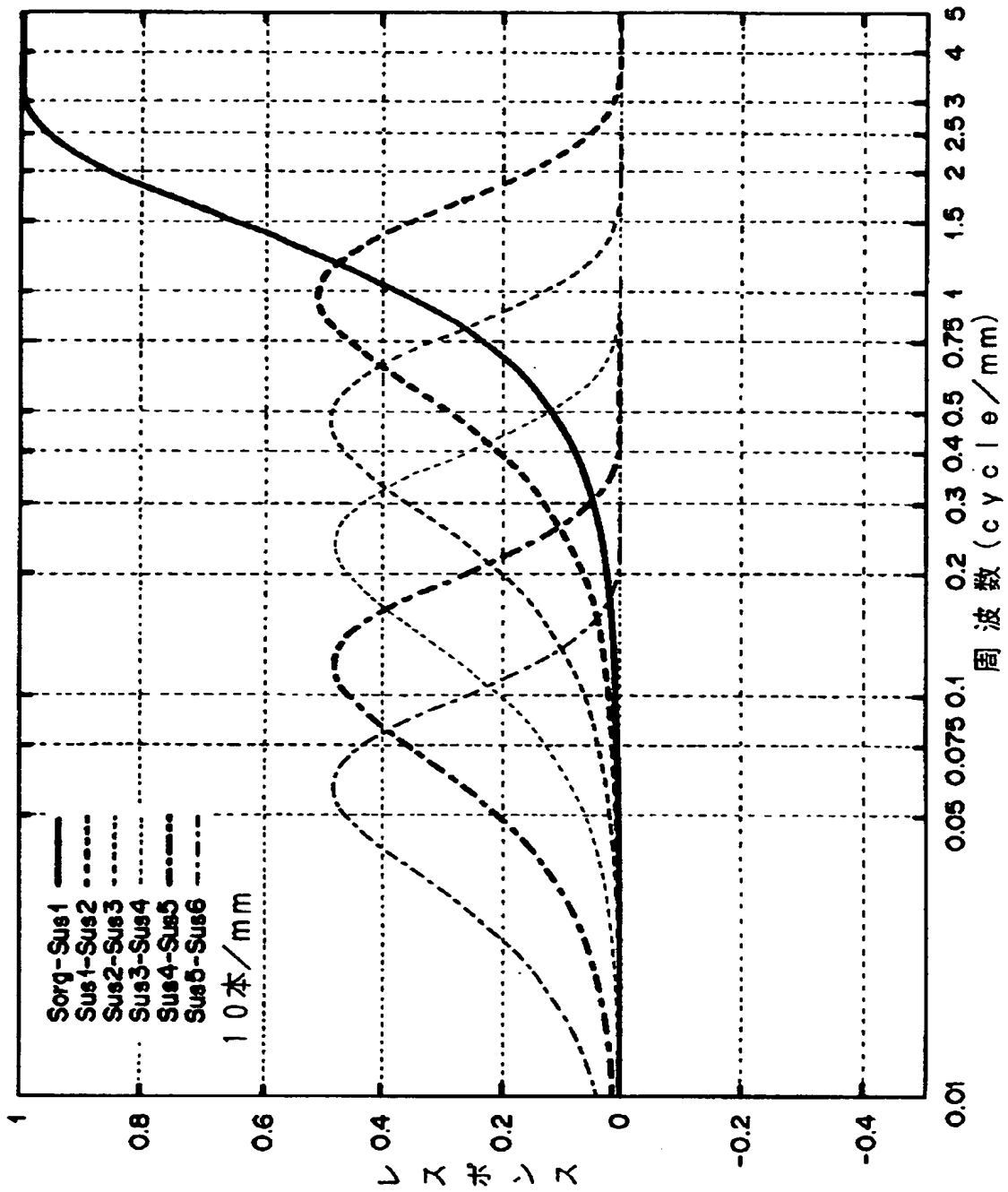
【図 5】

0.1	0.5	0.8	0.5	0.1
-----	-----	-----	-----	-----

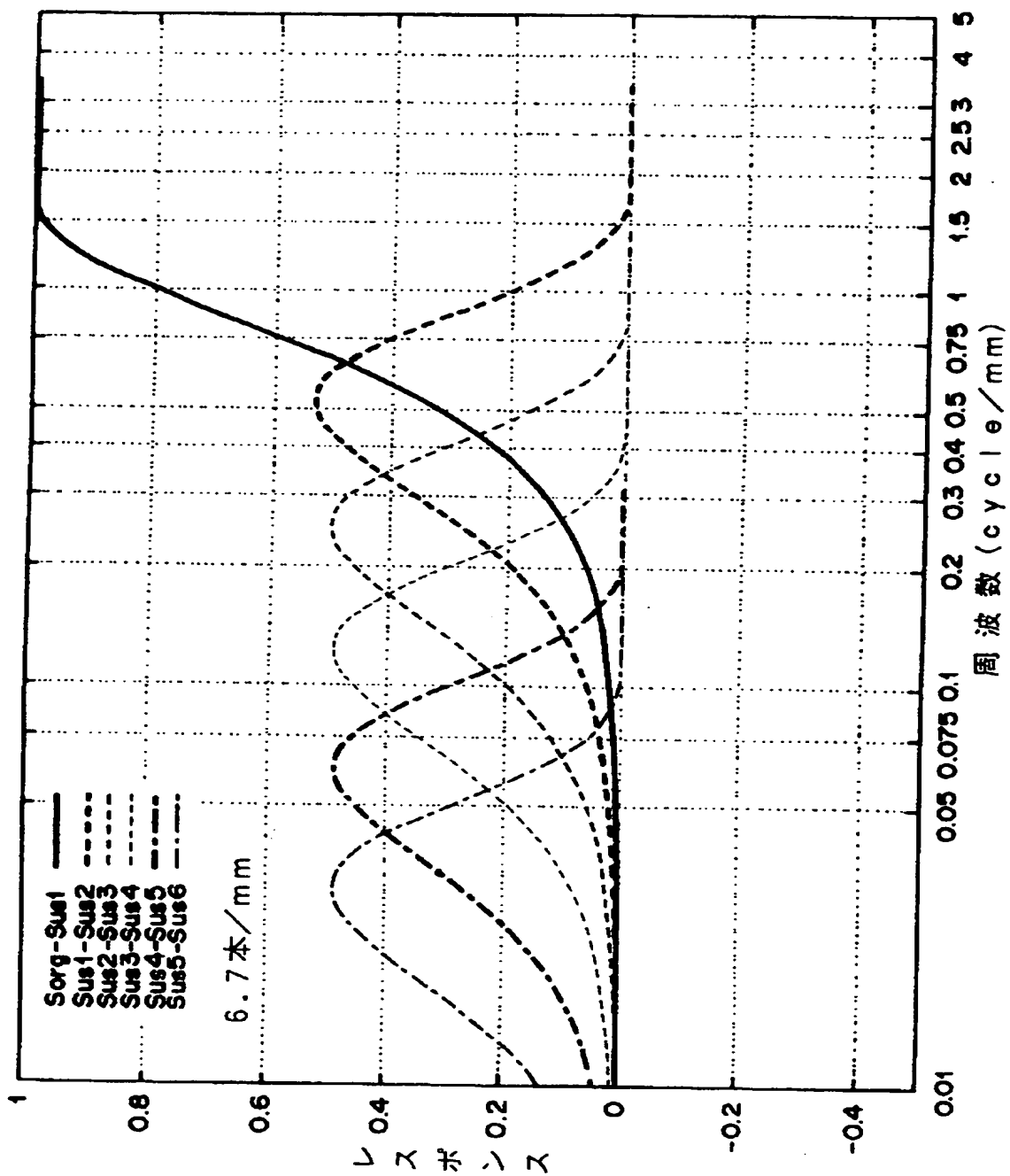
【図 6】



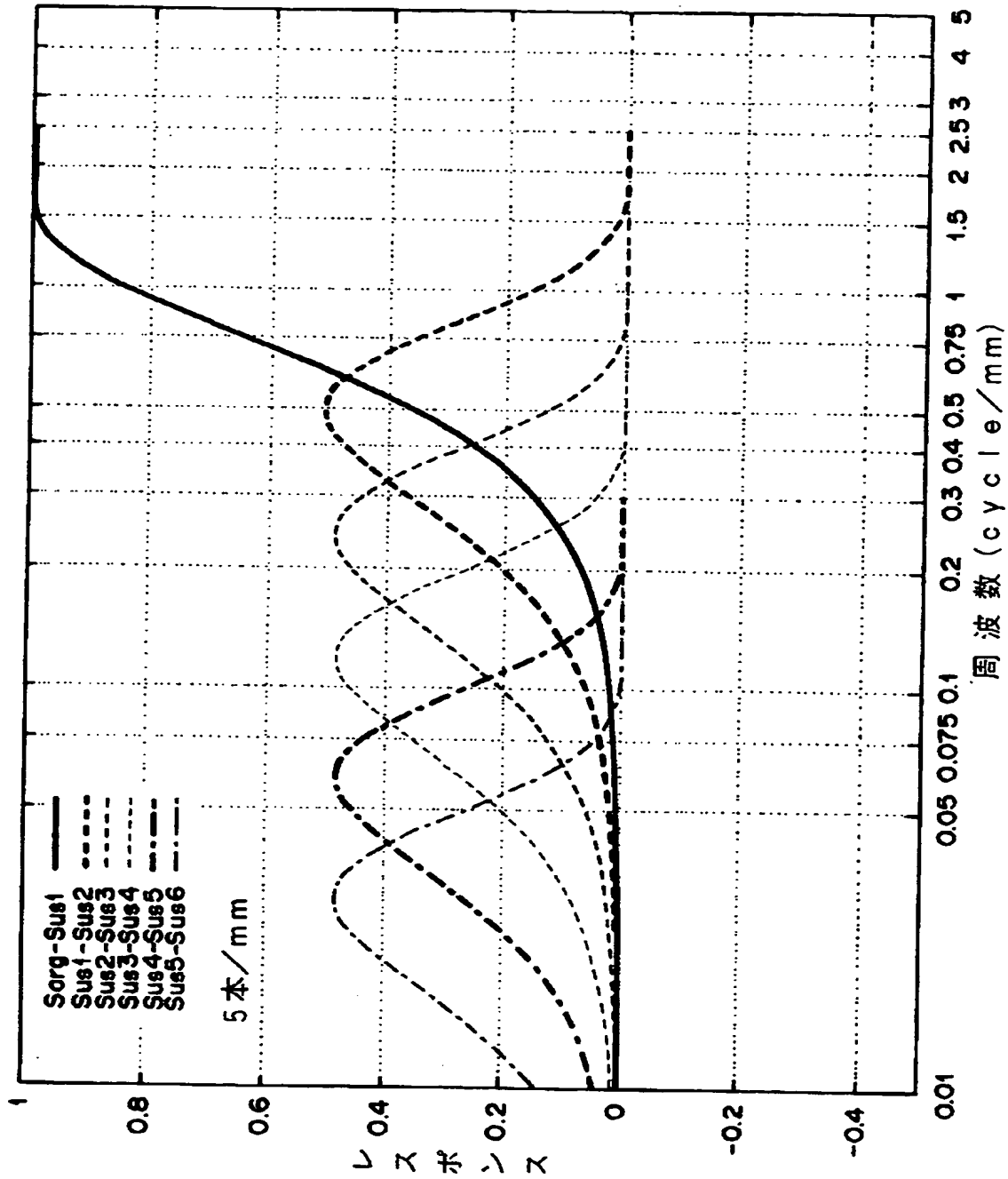
【図 7】



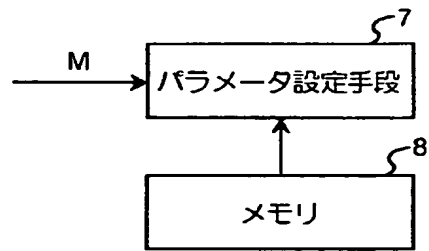
【図 8】



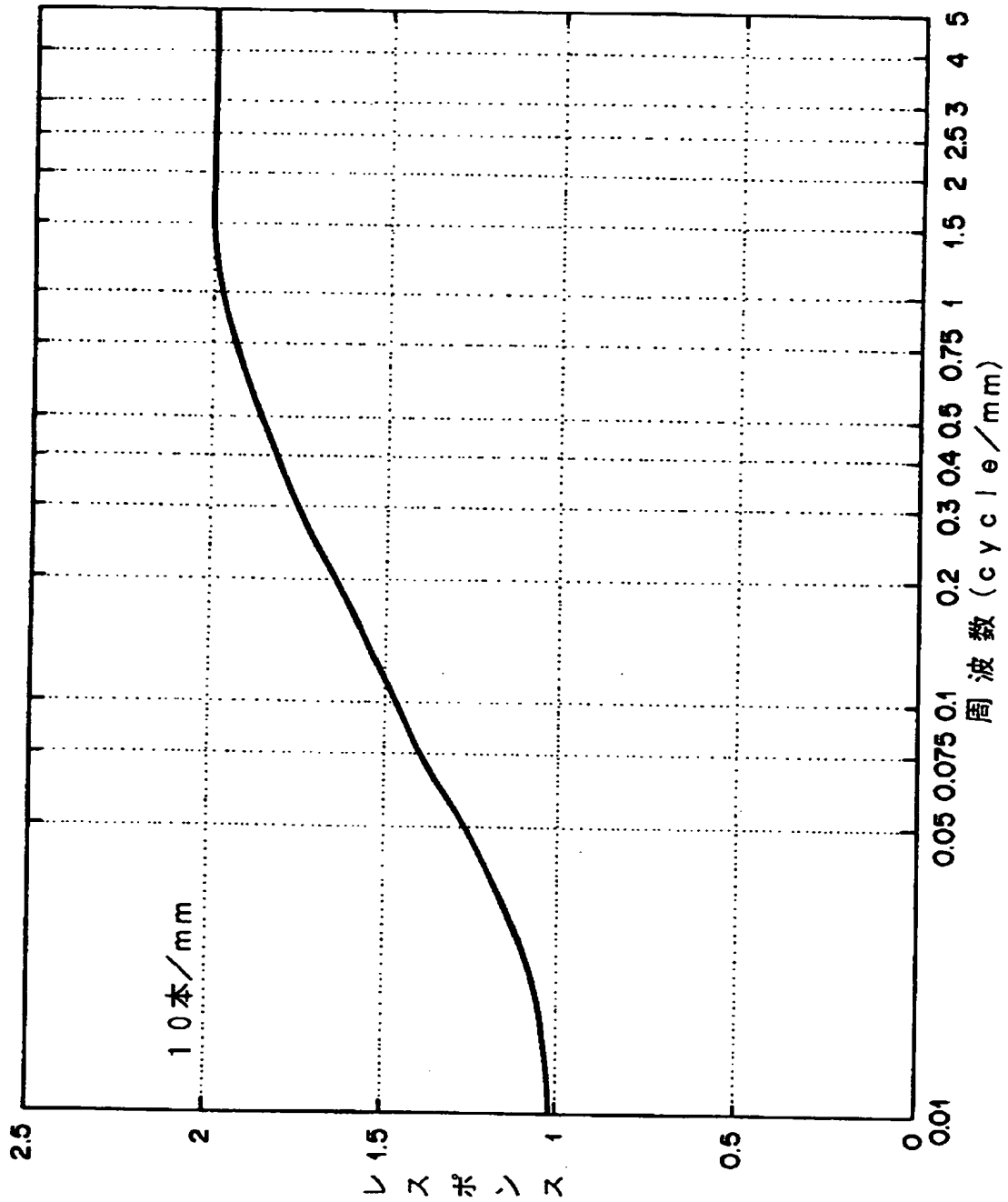
【図 9】



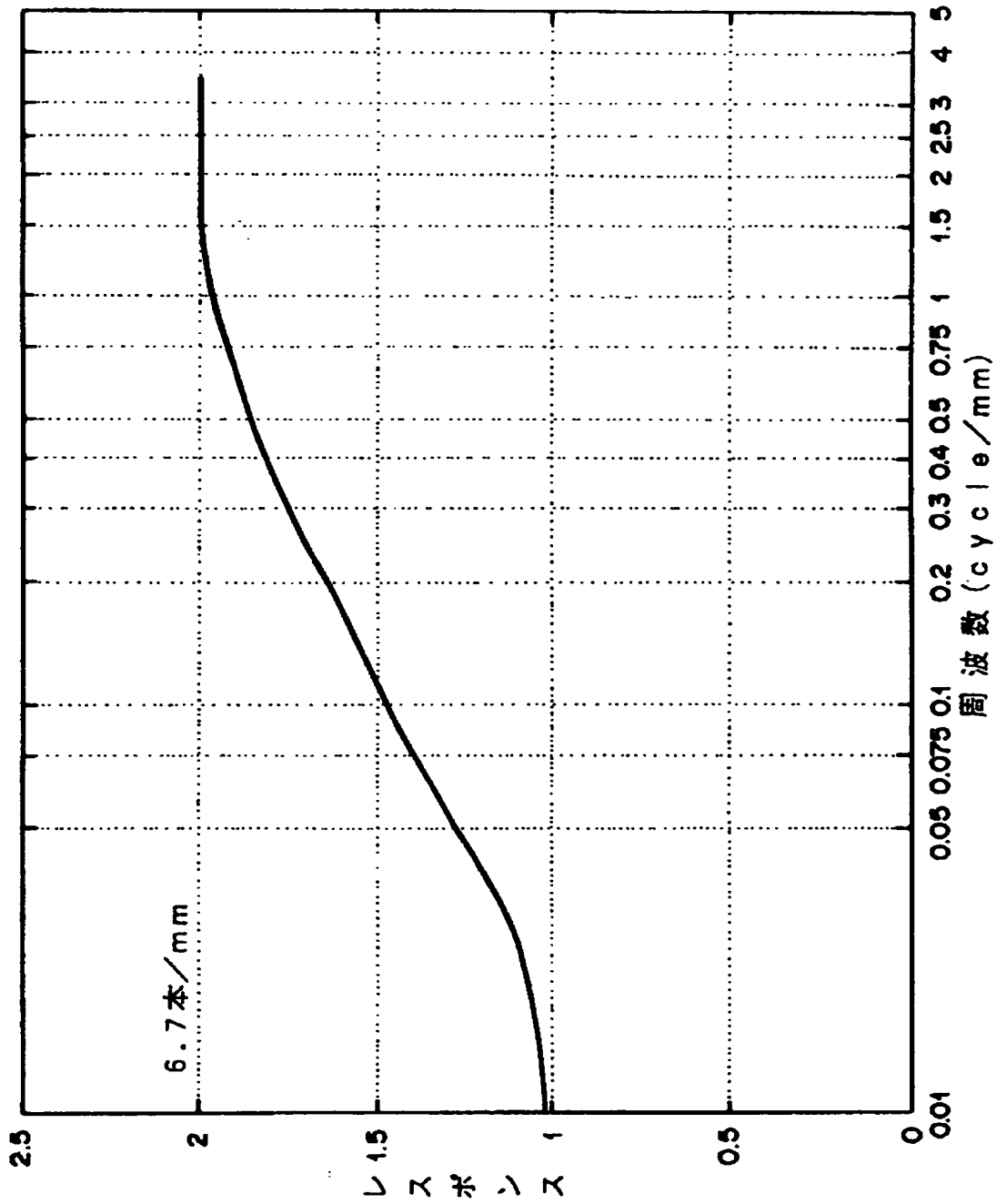
【図 1 0】



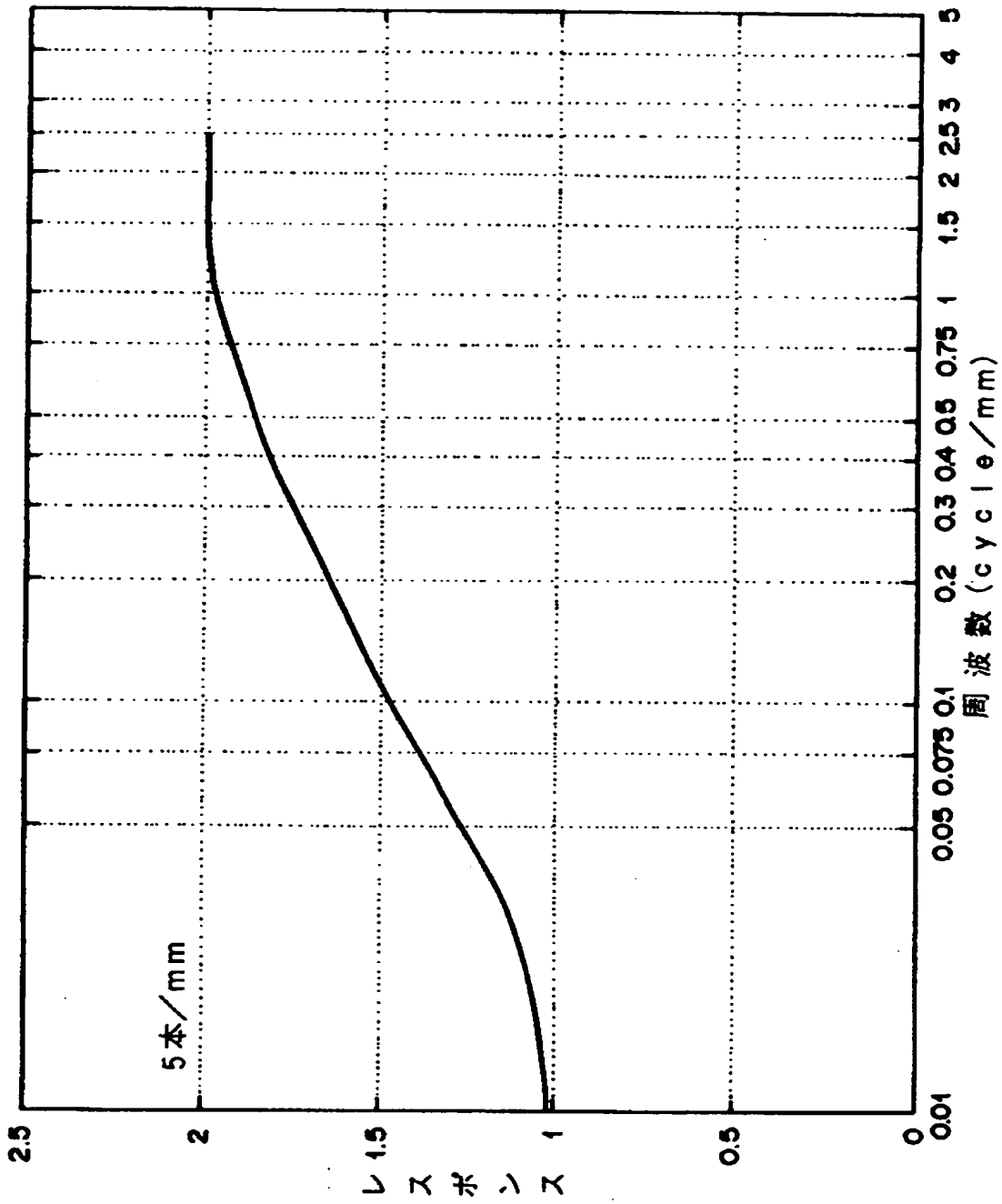
【図 1 1】



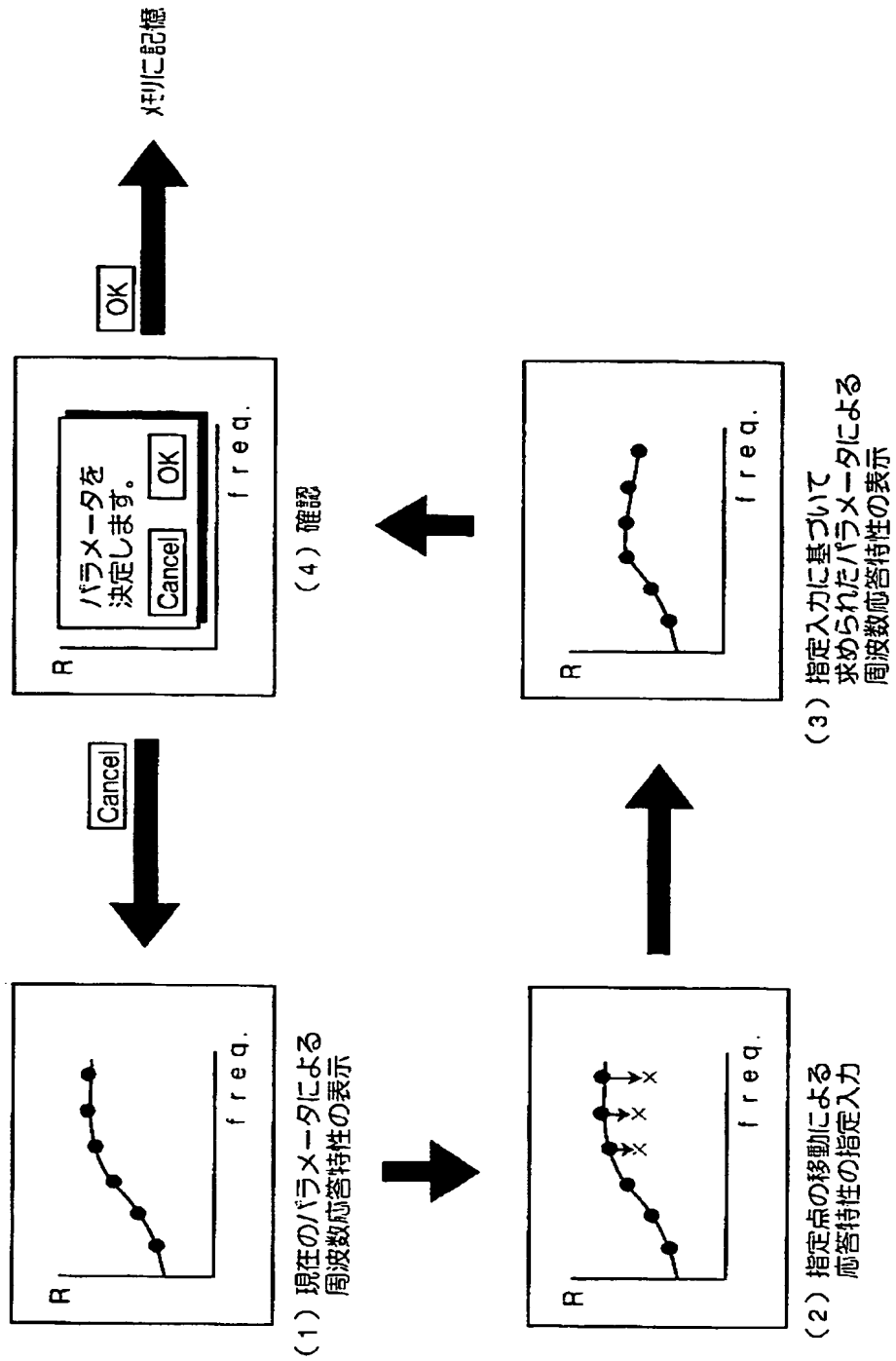
【図 12】



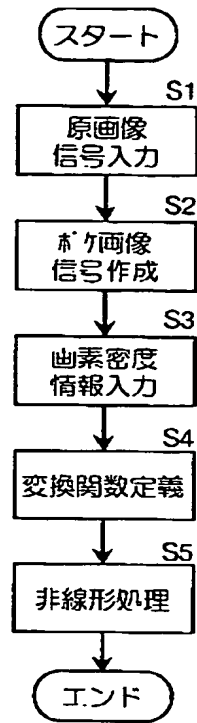
【図 13】



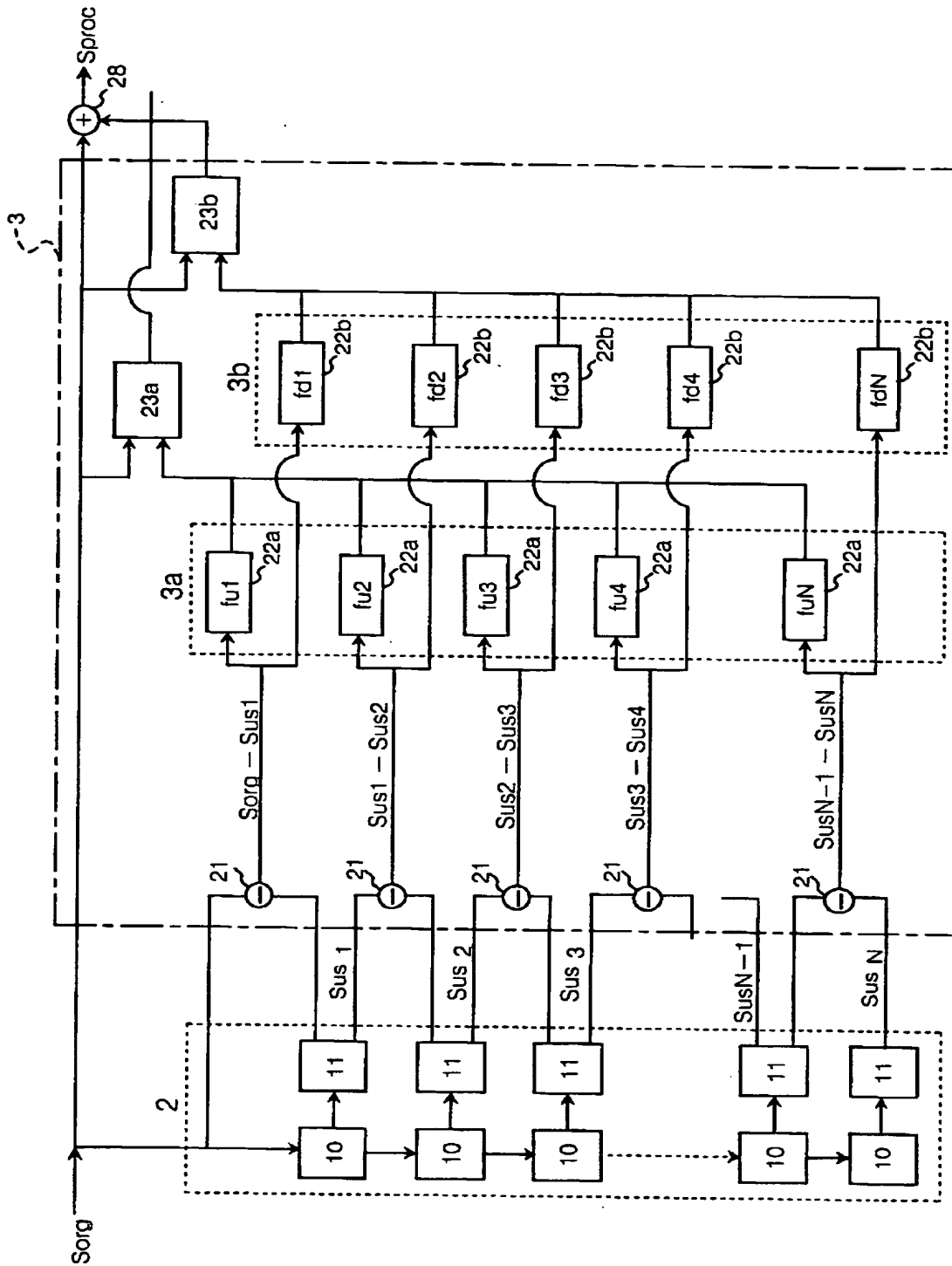
【図 1 4】



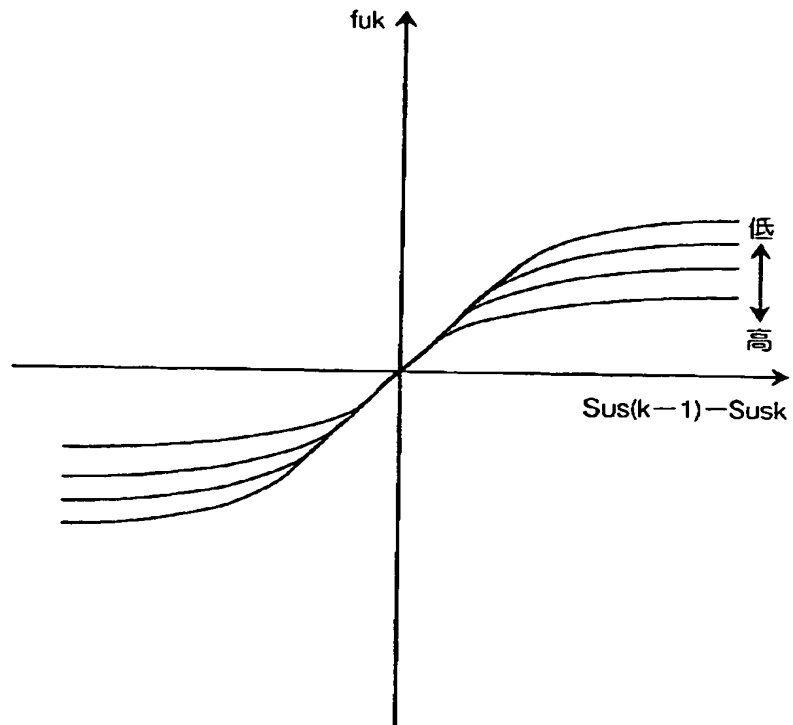
【図 1 5】



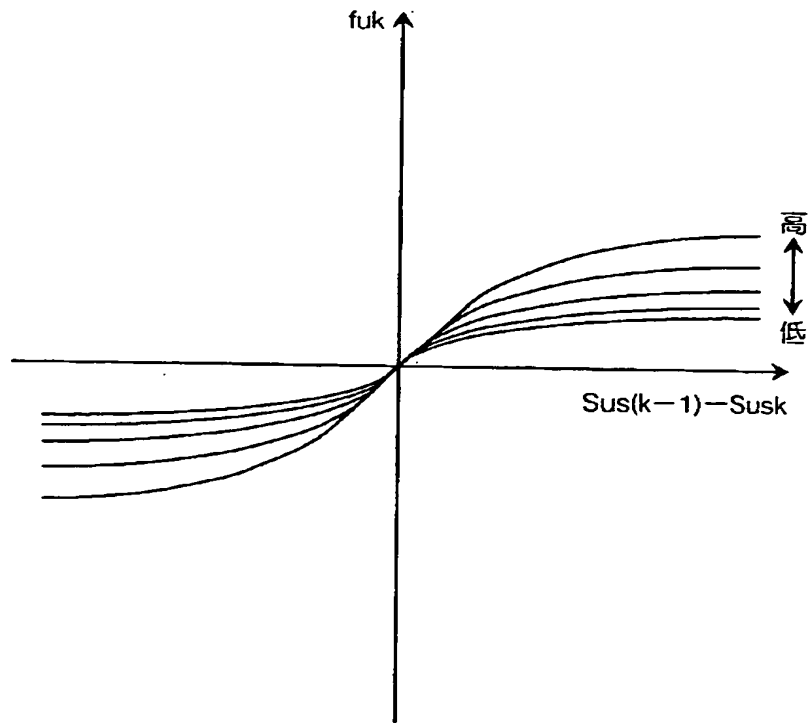
【図 1 6】



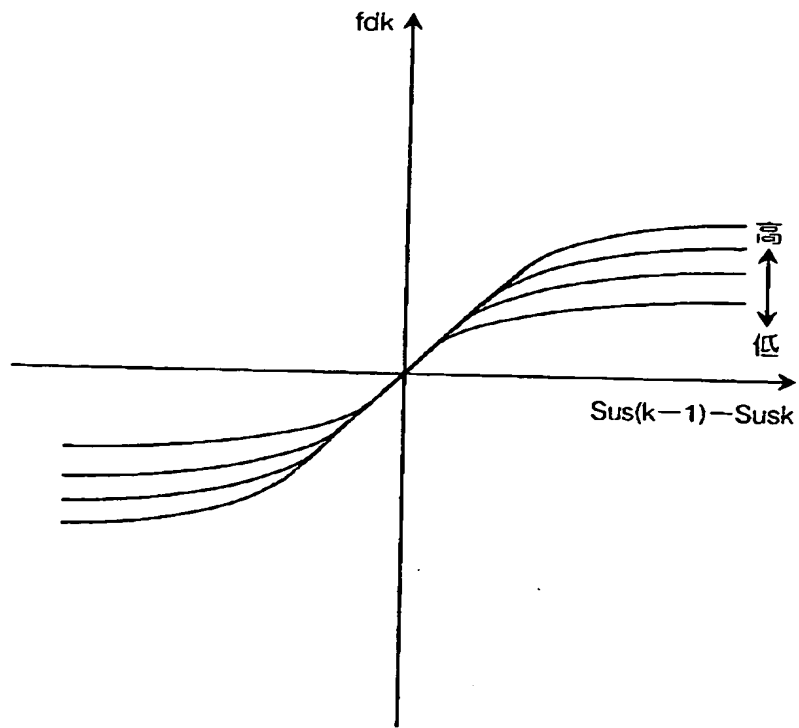
【图 1 7】



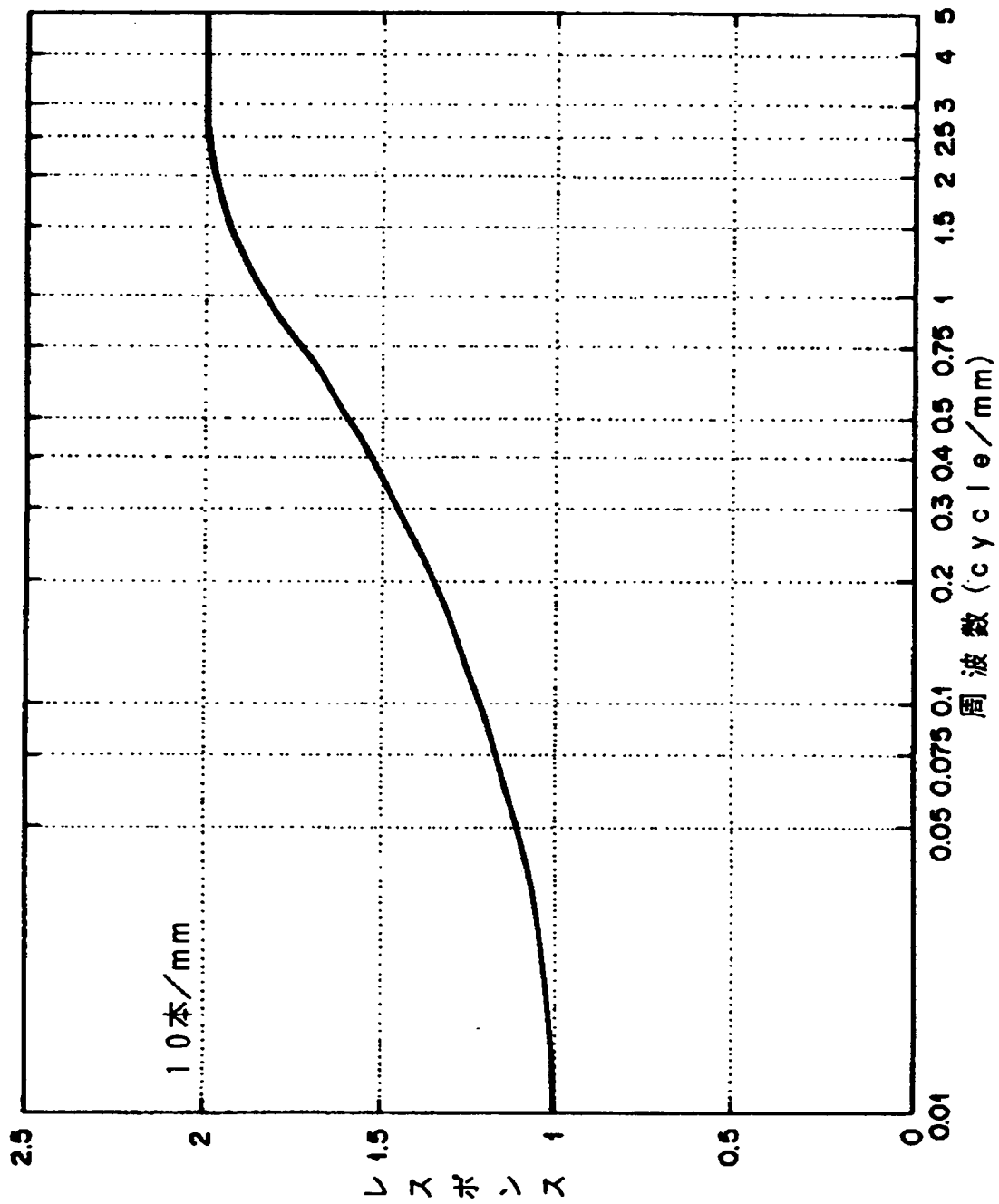
【图 1 8】



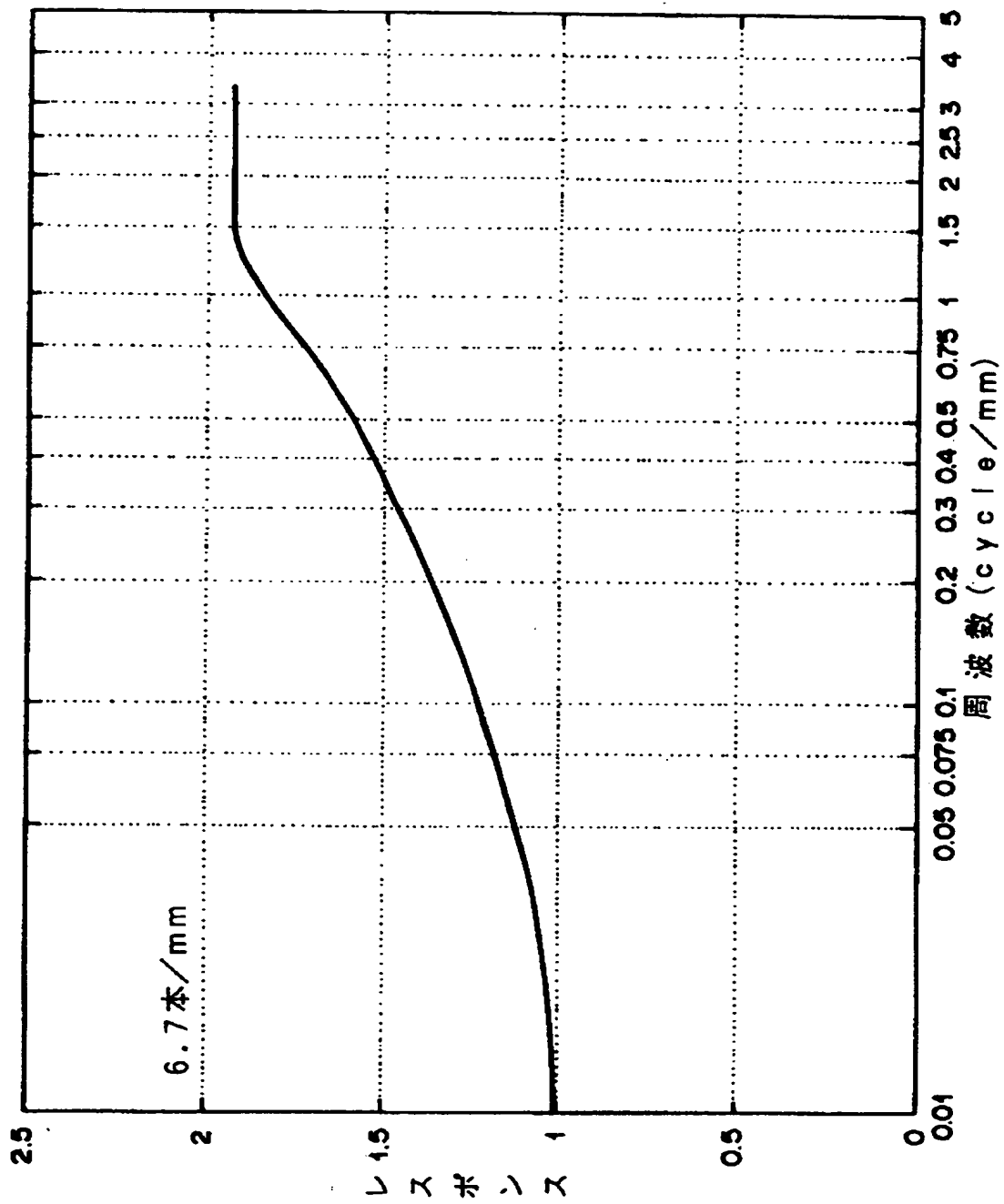
【図 1 9】



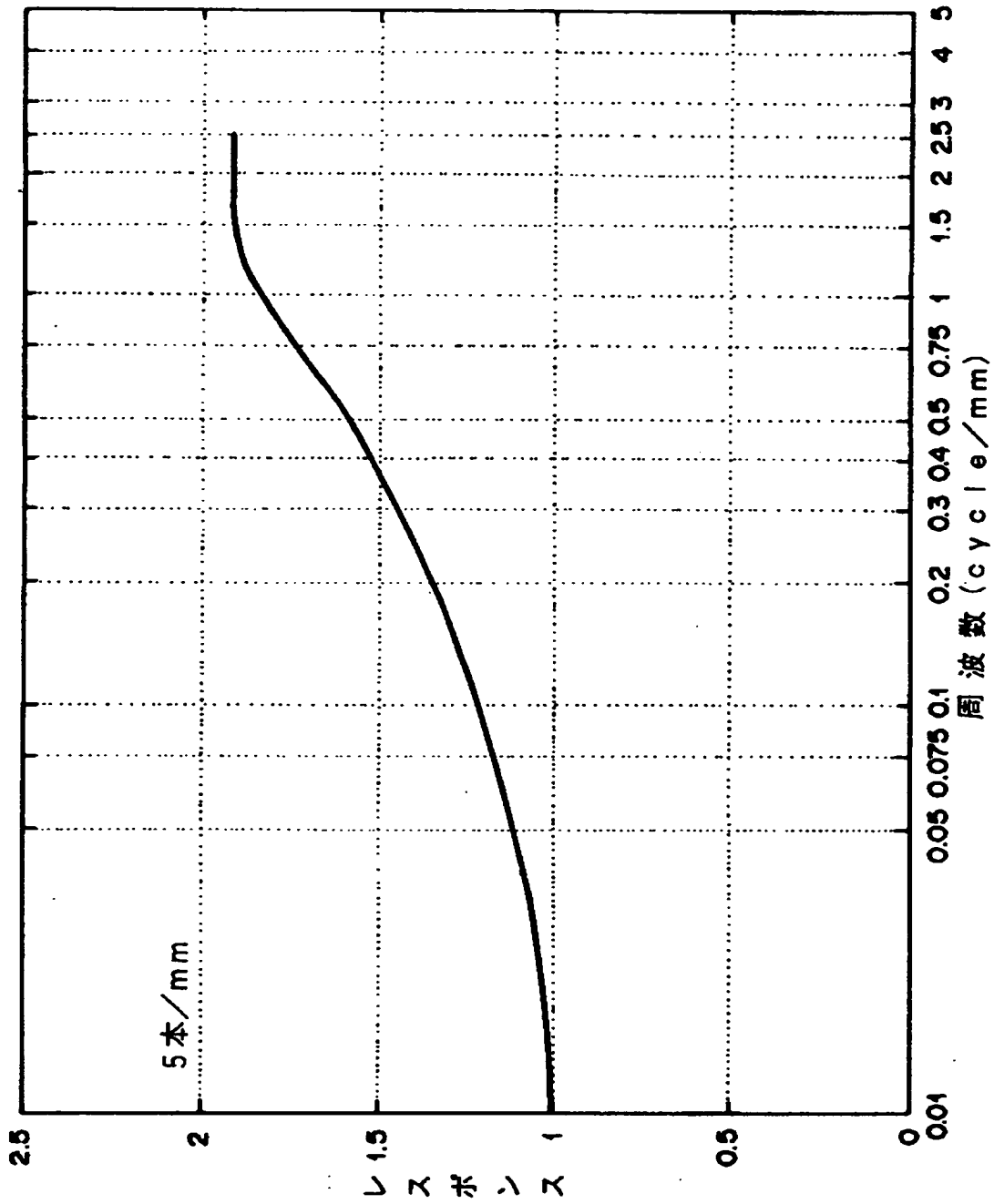
【図 20】



【図 21】



【図 2 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、各画像信号を複数の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、各変換画像信号から原画像信号の特定の周波数成分を強調するなどの処理が施された処理済み画像信号を得る画像処理方法において、原画像信号の画素密度に拘わらず同じ周波数応答特性が得られるようにする。

【解決手段】 画素密度情報入力手段 5 により、原画像信号  $S_{org}$  の画素密度情報  $M$  を入力し、この画素密度情報  $M$  に基づいて変換関数定義手段 4 における変換関数の定義パラメータを決定し、非線形処理手段 3 がその決定されたパラメータにより定義される関数を用いて処理を行う。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第007293号
受付番号	59900029311
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成11年 1月24日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼210番地

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B  
ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B  
ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所

【氏名又は名称】 佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地  
氏 名 富士写真フイルム株式会社